

Môn. CƠ KỸ THUẬT

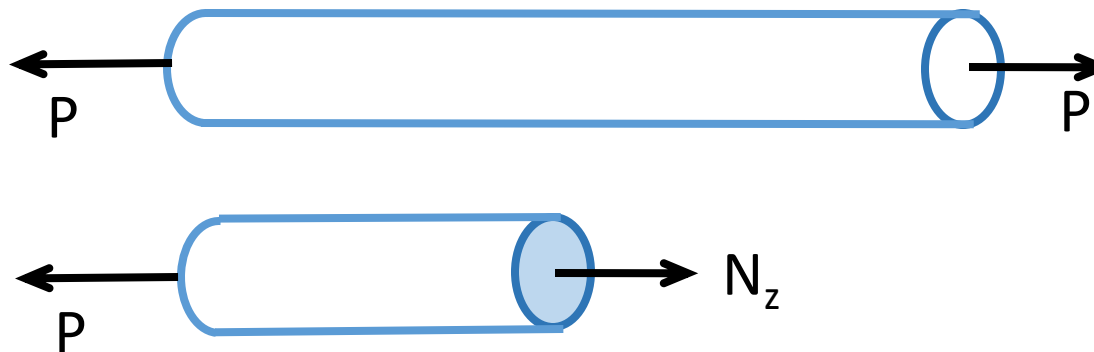
PHẦN III: SỨC BỀN VẬT LIỆU

CHƯƠNG 8: KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

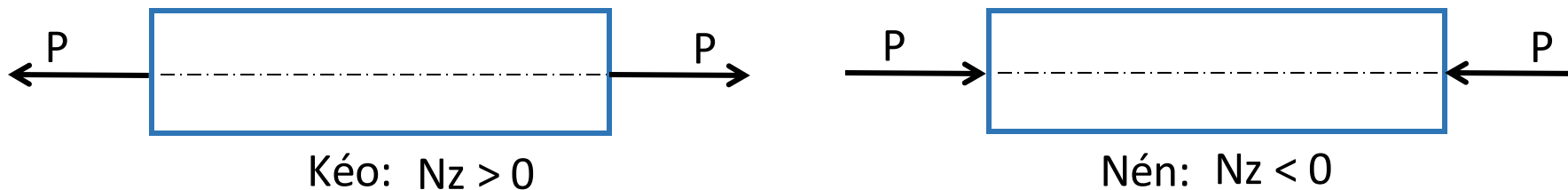


8.1. KHÁI NIỆM VỀ KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

8.1.1. Định nghĩa:



Một thanh chịu kéo (nén) đúng tâm khi trên mặt cắt ngang của thanh chỉ có một thành phần nội lực là lực dọc nằm trên trục thanh.



8.1. KHÁI NIỆM VỀ KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

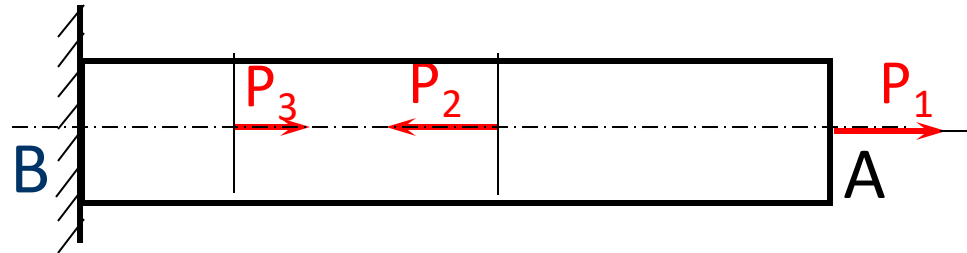
8.1.2. Biểu đồ lực dọc (*biểu đồ nội lực*)

Biểu đồ lực dọc là đồ thị biểu diễn sự biến thiên của lực dọc tại mọi mặt cắt ngang dọc theo thanh.

Qui ước dấu:

- + Lực dọc dương khi thanh chịu kéo.
- + Lực dọc âm khi thanh chịu nén.

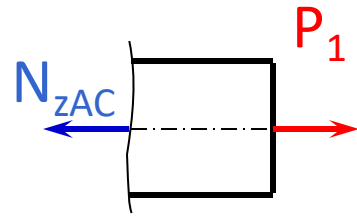
Ví dụ: Vẽ biểu đồ lực dọc của thanh chịu kéo nén đúng tâm như hình vẽ. Biết $P_1 = 60\text{kN}$, $P_2 = 80\text{kN}$, $P_3 = 30\text{kN}$.



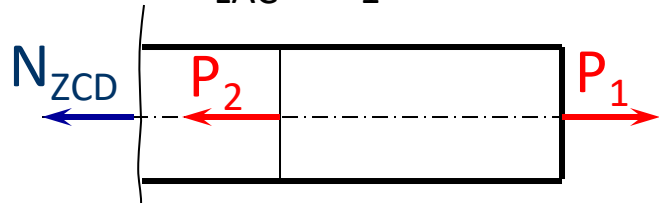
8.1. KHÁI NIỆM VỀ KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

8.1.2. Biểu đồ lực dọc (biểu đồ nội lực)

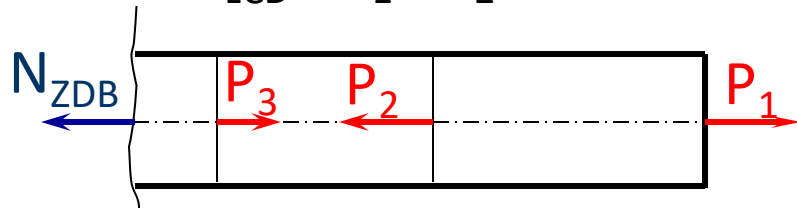
Giải:



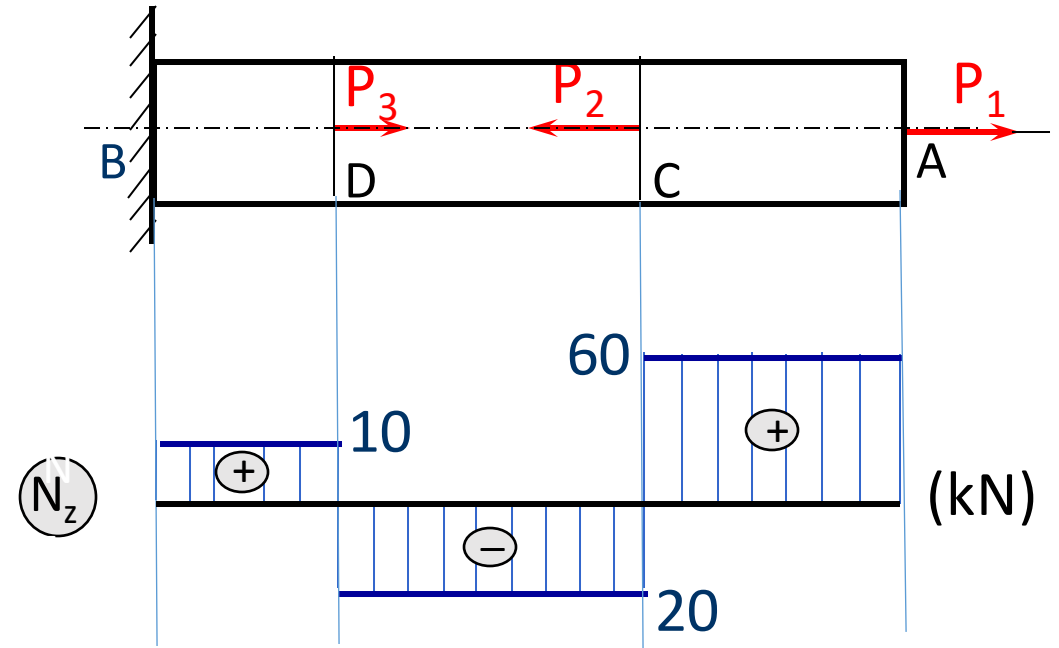
$$N_{zAC} = P_1 = 60\text{kN}$$



$$N_{zCD} = P_1 - P_2 = 60 - 80 = -20\text{kN}$$



$$N_{zDB} = P_1 - P_2 + P_3 = 60 - 80 + 30 = 10\text{kN}$$



8.1. KHÁI NIỆM VỀ KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

8.1.2. Biểu đồ lực dọc (biểu đồ nội lực)

Bài tập áp dụng:

Bài tập 1:

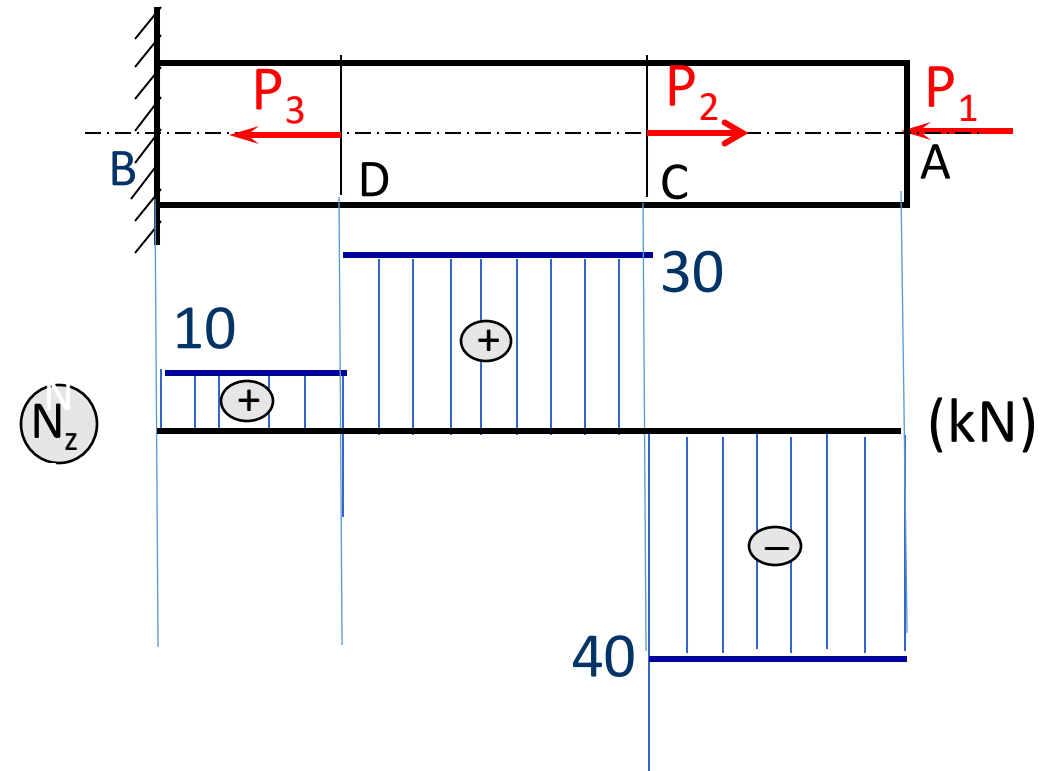
Vẽ biểu đồ nội lực của thanh chịu kéo nén đúng tâm như hình vẽ. Biết $P_1 = 40\text{kN}$, $P_2 = 70\text{kN}$, $P_3 = 20\text{kN}$.

Giải:

$$N_{zAC} = -P_1 = -40\text{kN}$$

$$N_{zCD} = -P_1 + P_2 = -40 + 70 = 30\text{kN}$$

$$N_{zDB} = -P_1 + P_2 - P_3 = -40 + 70 - 20 = 10\text{kN}$$



8.1. KHÁI NIỆM VỀ KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

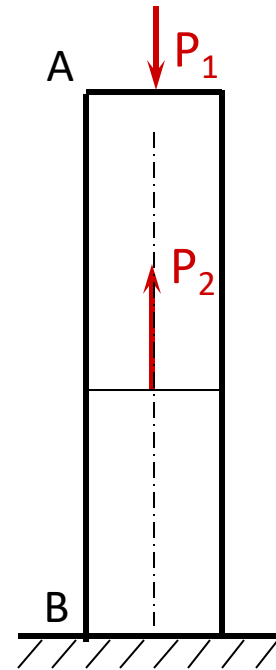
8.1.2. Biểu đồ lực dọc (*biểu đồ nội lực*)

Bài tập áp dụng:

Bài tập 2: Vẽ biểu đồ nội lực của thanh chịu kéo nén đúng tâm như hình vẽ.

Biết $P_1 = 40\text{kN}$, $P_2 = 50\text{kN}$.

Giải:



8.1. KHÁI NIỆM VỀ KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

8.1.2. Biểu đồ lực dọc (*biểu đồ nội lực*)

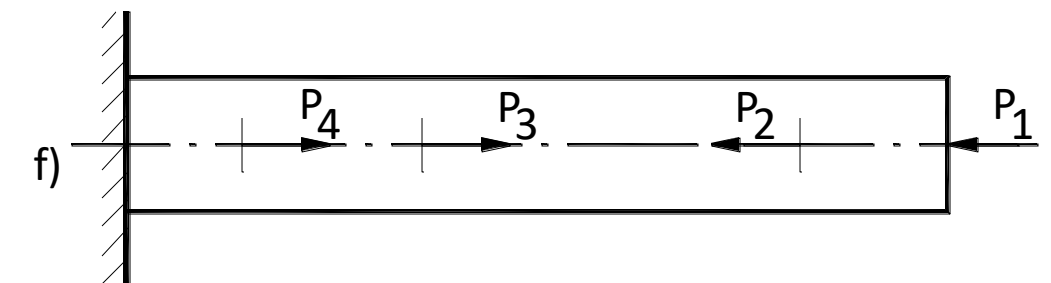
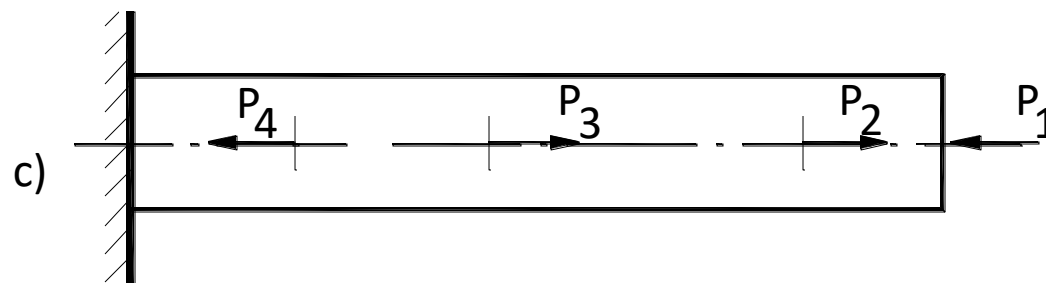
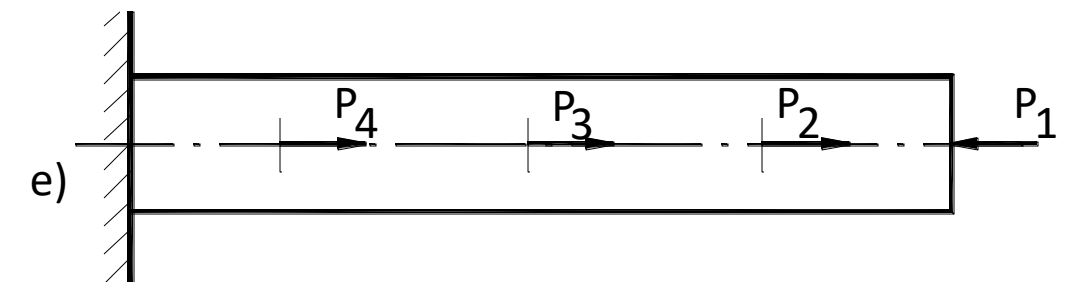
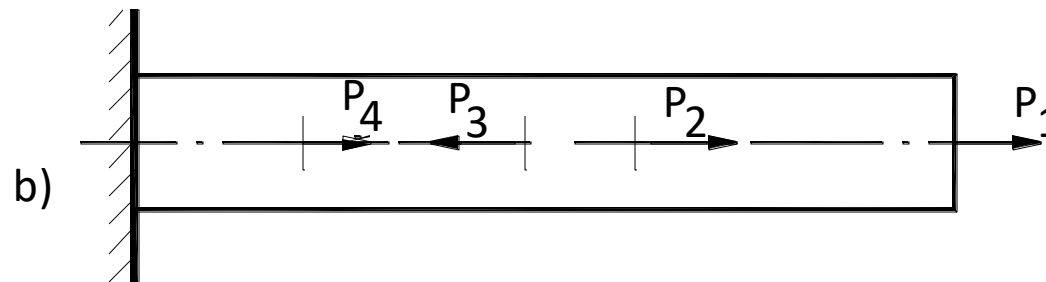
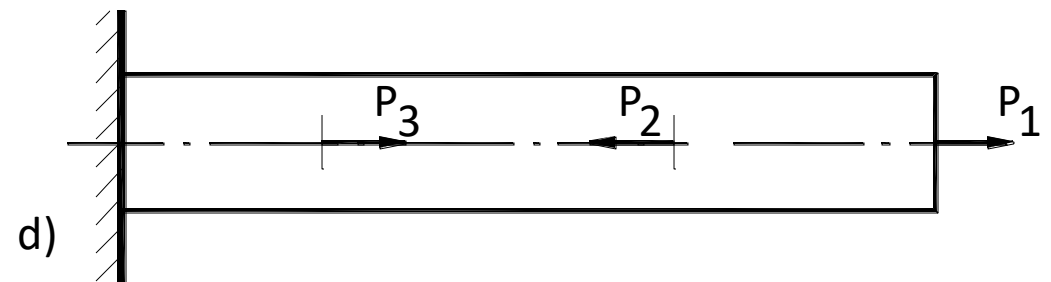
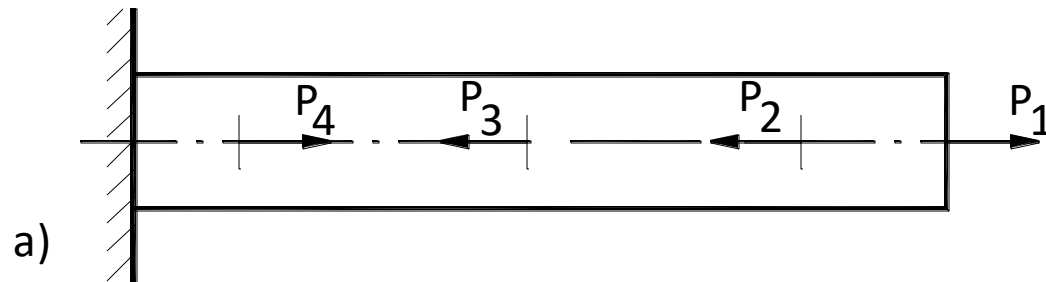
Bài tập (*Làm thêm*):

Bài tập 1 (chương 8)

Vẽ biểu đồ nội lực (lực dọc) cho các thanh chịu lực sau. Biết:

- a) $P_1 = 20\text{kN}$, $P_2 = 40\text{ kN}$, $P_3 = 20\text{ kN}$, $P_4 = 20\text{ kN}$
- b) $P_1 = 60\text{kN}$, $P_2 = 30\text{ kN}$, $P_3 = 30\text{ kN}$, $P_4 = 30\text{ kN}$
- c) $P_1 = 30\text{ kN}$, $P_2 = 15\text{ kN}$, $P_3 = 30\text{ kN}$, $P_4 = 15\text{ kN}$
- d) $P_1 = 30\text{ kN}$, $P_2 = 40\text{ kN}$, $P_3 = 20\text{ kN}$
- e) $P_1 = 10\text{ kN}$, $P_2 = 30\text{ kN}$, $P_3 = 20\text{ kN}$, $P_4 = 10\text{ kN}$
- f) $P_1 = 60\text{ kN}$, $P_2 = 90\text{ kN}$, $P_3 = 30\text{ kN}$, $P_4 = 60\text{ kN}$

8.1. KHÁI NIỆM VỀ KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM



8.2. ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

8.2.1. Ứng suất:

Trong thanh chịu kéo (nén) đúng tâm, tại mặt cắt ngang của thanh chỉ có thành phần ứng suất pháp.

$$\sigma = \pm \frac{N_z}{F} \quad (\text{N/m}^2)$$

N_z : giá trị tuyệt đối của lực dọc tại mặt cắt tính ứng suất (N)

F : diện tích mặt cắt ngang thanh (m^2)

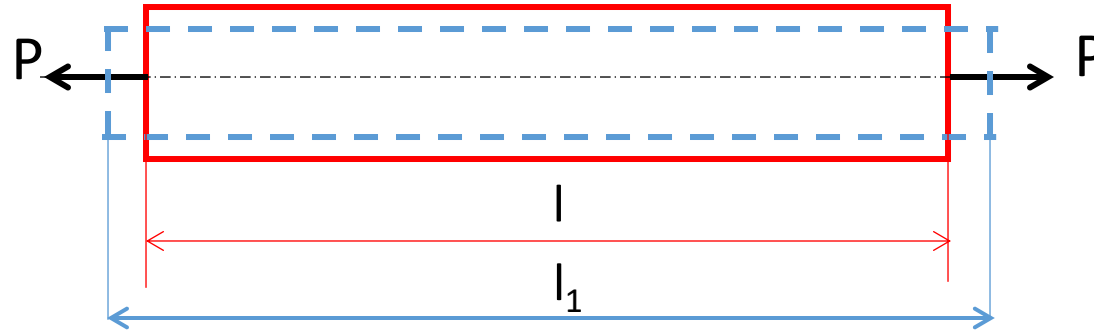
σ lấy dấu (+) nếu thanh chịu lực kéo

σ lấy dấu (–) nếu thanh chịu lực nén



8.2. ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

8.2.2. Biến dạng:



Biến dạng dọc tuyệt đối của thanh: $\Delta l = l_1 - l$ (m)

Biến dạng dọc tỉ đối (tương đối): $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$

8.2. ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

8.2.3. Định luật Hooke về kéo (nén):

Khi lực tác dụng chưa vượt quá một giới hạn nhất định thì ***biến dạng dọc tuyệt đối tỷ lệ thuận với lực tác dụng.***

$$\Delta l = \pm \frac{N_z l}{EF} \quad (\text{m})$$

E: môđun đàn hồi của vật liệu (N/m^2)

- Δl có dấu (+) khi thanh chịu kéo (thanh bị giãn)
- Δl có dấu (–) khi thanh chịu nén (thanh bị co)



8.2. ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

Ví dụ:

Thanh thép chịu lực $P_1 = 20\text{KN}$, $P_2 = 40\text{KN}$, $P_3 = 10\text{KN}$ và có mặt cắt ngang không đổi $F = 10\text{cm}^2$. Kích thước dọc cho trên hình vẽ.

a. Vẽ biểu đồ nội lực.

b. Tính ứng suất trong từng đoạn thanh

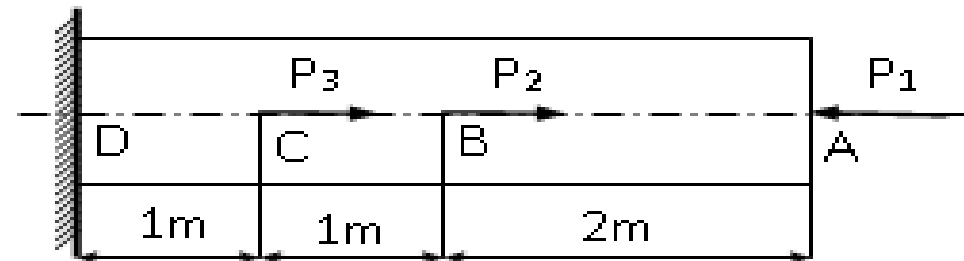
c. Tìm biến dạng dọc tuyệt đối của thanh? Cho $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$.

Giải: a. Vẽ biểu đồ nội lực.

$$N_{zAB} = -P_1 = -20\text{KN}$$

$$N_{zBC} = -P_1 + P_2 = 20\text{KN}$$

$$N_{zCD} = -P_1 + P_2 + P_3 = 30\text{KN}$$



8.2. ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

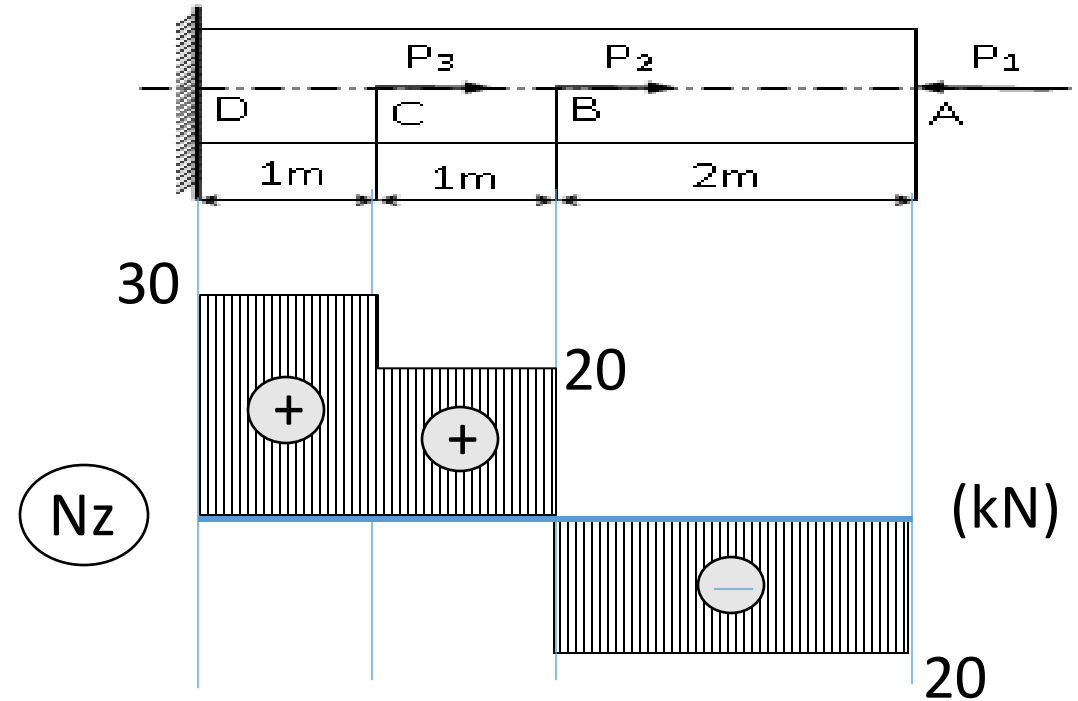
Giải:

b. Tính ứng suất trong từng đoạn thanh

$$\sigma_{AB} = \frac{N_{zAB}}{F} = -\frac{20}{10} = -2 \text{ KN/cm}^2 = -20 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{BC} = \frac{N_{zBC}}{F} = \frac{20}{10} = 2 \text{ KN/cm}^2 = 20 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{CD} = \frac{N_{zCD}}{F} = \frac{30}{10} = 3 \text{ KN/cm}^2 = 30 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$



8.2. ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

c. Tìm biến dạng dọc tuyệt đối của thanh? Cho $E = 2.10^{11} \text{ N/m}^2$.

$$\Delta l = \pm \frac{N_z l}{EF} \Rightarrow \Delta l_{AB} = \frac{-20.10^3.2}{2.10^{11}.10.10^{-4}} = -2.10^{-4} \text{ m}$$

$$\Delta l_{BC} = \frac{20.10^3.1}{2.10^{11}.10.10^{-4}} = 10^{-4} \text{ m}$$

$$\Delta l_{CD} = \frac{30.10^3.1}{2.10^{11}.10.10^{-4}} = 1,5.10^{-4} \text{ m}$$

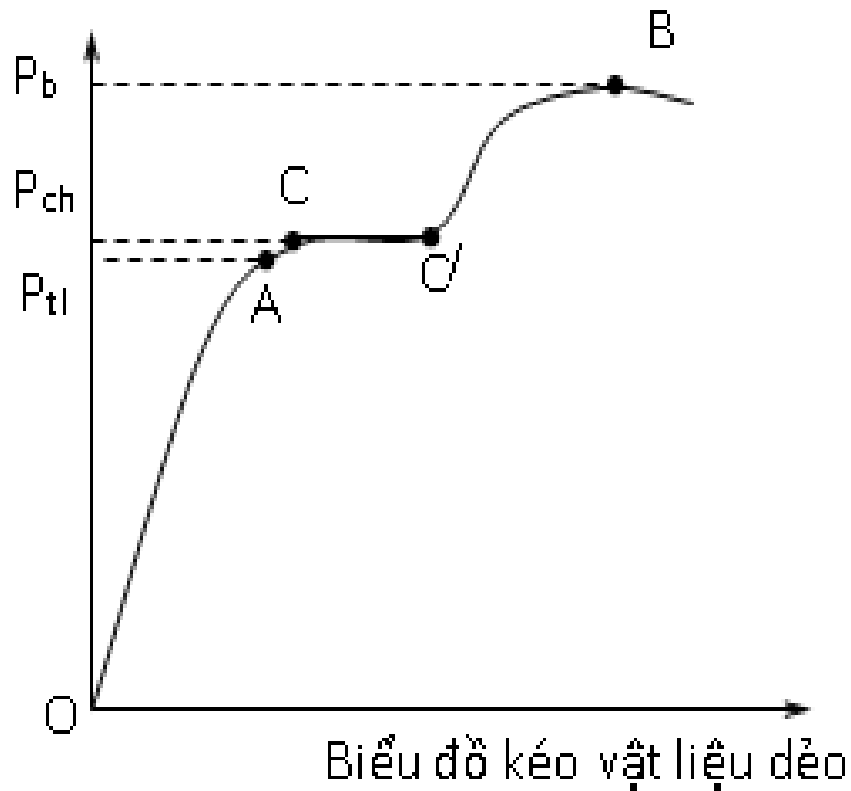
$$\Delta l_{AD} = \Delta l_{AB} + \Delta l_{BC} + \Delta l_{CD} = -2.10^{-4} + 10^{-4} + 1,5.10^{-4} = 0,5.10^{-4} \text{ m}$$

Kết luận : Thanh bị dãn $0,5.10^{-4} \text{ m}$

8.3. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU

8.3.1. Thí nghiệm kéo (nén) vật liệu dẻo: Thép, đồng, nhôm ...

8.3.1.1. Kéo vật liệu dẻo:



- Giai đoạn tỷ lệ (giai đoạn đàn hồi):

$$\sigma_{tl} = \frac{P_{tl}}{F_o}$$

- Giai đoạn chảy dẻo: $\sigma_{ch} = \frac{P_{ch}}{F_o}$

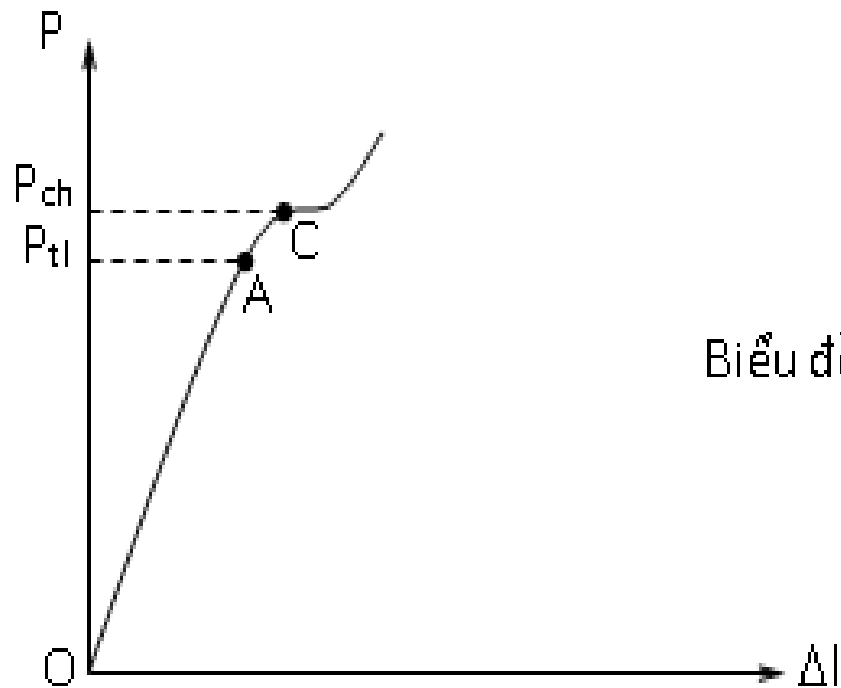
- Giai đoạn bền: $\sigma_b = \frac{P_b}{F_o}$

σ_{tl} , σ_{ch} , σ_b là những đại lượng đặc trưng cho tính đàn hồi, tính dẻo và tính bền của vật liệu, là ba trong những tính chất cơ học quan trọng của vật liệu.

8.3. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU

8.3.1. Thí nghiệm kéo (nén) vật liệu dẻo: Thép, đồng, nhôm ...

8.3.1.1. Nén vật liệu dẻo:

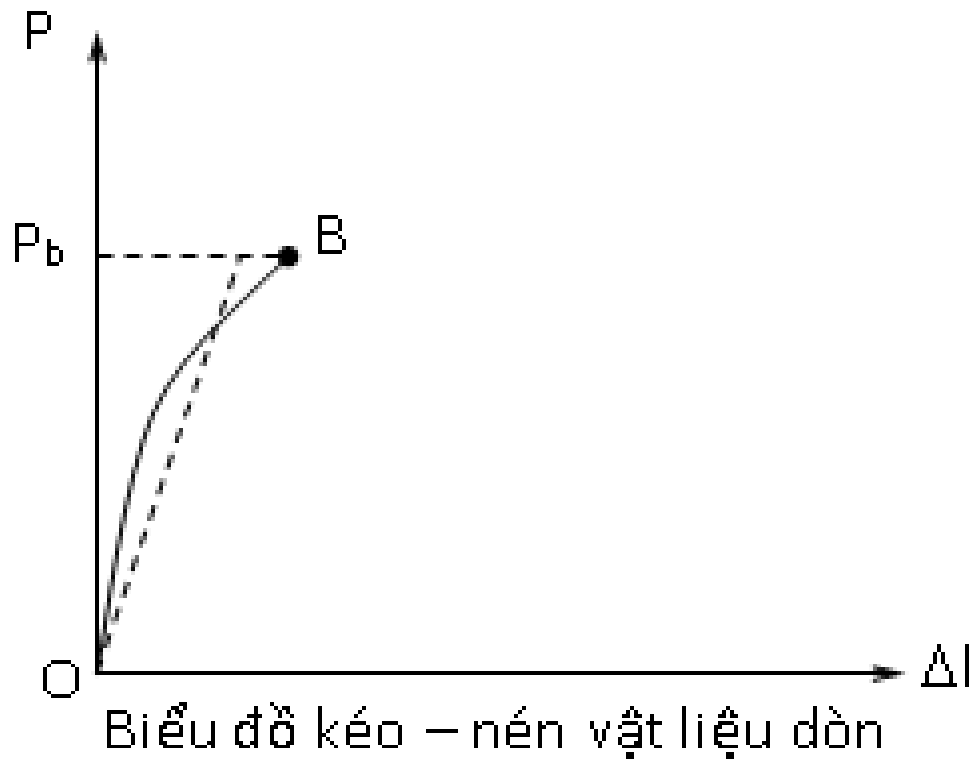


Biểu đồ nén vật liệu dẻo

Vật liệu dẻo khi chịu nén cũng có giới hạn tỷ lệ, giới hạn chảy nhưng không có giới hạn bền vì càng nén mẫu thử càng dẹt.

8.3. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU

8.3.2. Thí nghiệm kéo (nén) vật liệu dẻo: Gang



- Không có giai đoạn tỷ lệ
- Không có giai đoạn chảy dẻo
- Chỉ có giới hạn bền σ_b : $\sigma_b \text{ nén} \gg \sigma_b \text{ kéo}$

Kết luận:

- **Vật liệu dẻo bị biến dạng nhiều mới bị hỏng còn vật liệu giòn biến dạng ít đã hỏng.**
- **Vật liệu dẻo chịu kéo và nén như nhau còn vật liệu giòn chịu nén tốt hơn chịu kéo rất nhiều.**

8.4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

8.4.1. Ứng suất cho phép và hệ số an toàn:

Để đảm bảo cho các chi tiết máy hay công trình làm việc được an toàn, cần phải hạn chế ứng suất lớn nhất trong thanh không vượt quá một giới hạn nào đó, giới hạn này được gọi là **ứng suất cho phép**

$$[\sigma] = \frac{\sigma_0}{n} \quad \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)$$

σ_0 gọi là ứng suất nguy hiểm, tại giá trị này vật liệu xem như bị phá hủy.

n : Hệ số an toàn (cho trong sổ tay kỹ thuật với kết cấu bằng thép, thường chọn $n = 1,4 \div 1,6$)

8.4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

8.4.2. Điều kiện bền và ba bài toán cơ bản:

8.4.2.1. Điều kiện bền:

Để đảm bảo sự làm việc an toàn khi thanh chịu kéo (nén) đúng tâm, ứng suất trong thanh phải thỏa mãn điều kiện bền.

$$\sigma_{\max} = \frac{N_z}{F} \leq [\sigma]$$

$\sigma_{\max}$: Ứng suất lớn nhất trên mặt cắt ngang của thanh (N/m²)

N_z : Giá trị tuyệt đối của lực dọc (N)

F : Diện tích mặt cắt ngang (m²)

$[\sigma]$: Ứng suất cho phép của vật liệu (N/m²)

8.4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

8.4.2. Điều kiện bền và ba bài toán cơ bản:

8.4.2.2. Ba bài toán cơ bản:

- Kiểm tra độ bền (điều kiện cường độ)

+ Tính ứng suất lớn nhất: $\sigma_{\max} = \frac{N_z}{F}$

+ So sánh: $\sigma_{\max} \leq [\sigma] \rightarrow$ Kết luận: Thanh đảm bảo độ bền

$\sigma_{\max} > [\sigma] \rightarrow$ Kết luận: Thanh không đảm bảo độ bền

8.4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

8.4.2. Điều kiện bền và ba bài toán cơ bản:

8.4.2.2. Ba bài toán cơ bản:

- Chọn mặt cắt ngang (bài toán thiết kế)

$$F_{\min} \geq \frac{N_z}{[\sigma]}$$

- Tính tải trọng cho phép:

$$N_{z\max} \leq F \cdot [\sigma]$$

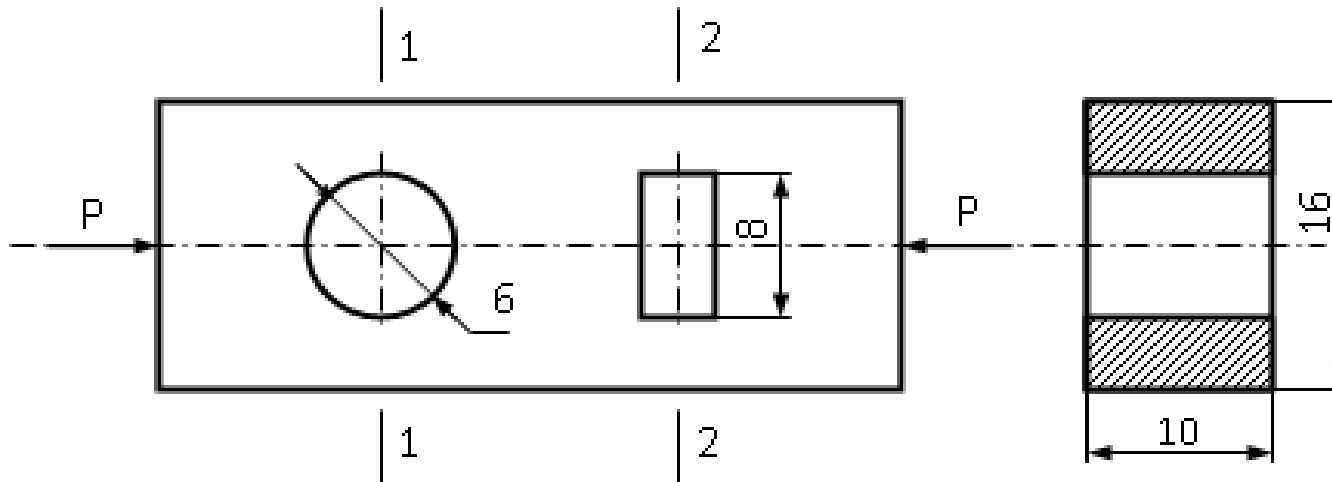
* *Chú ý:*

Nếu ngoại lực chỉ có một lực thì chọn nội lực bằng với ngoại lực ($N_z = P$)

8.4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

8.4.3. Bài toán áp dụng:

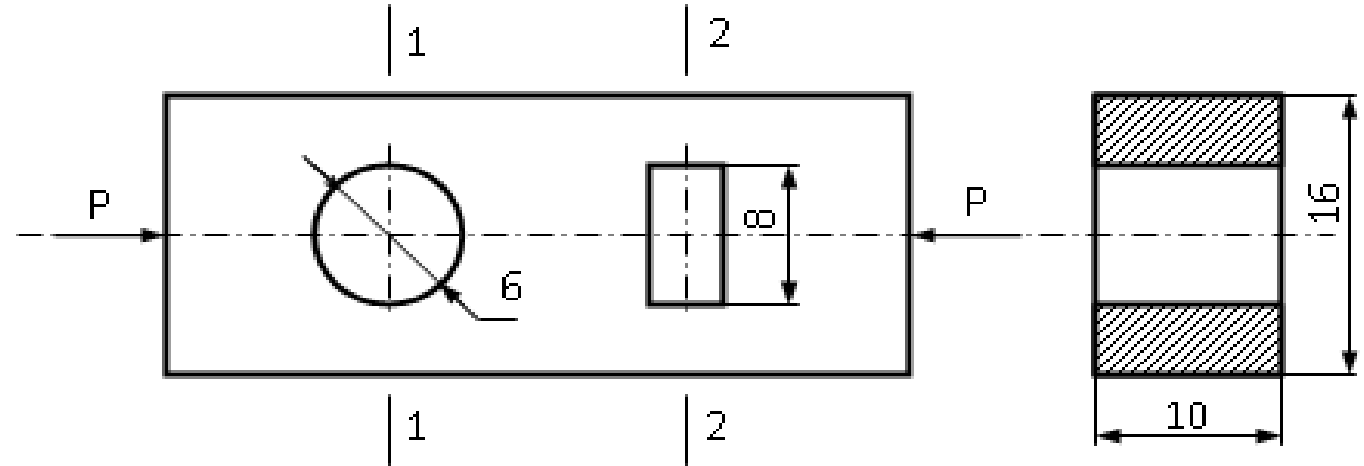
Bài toán 1: kiểm tra độ bền của một thanh gỗ có mặt cắt ngang hình chữ nhật với kích thước 10cm x 16cm, đục lỗ như hình vẽ. Lỗ tròn có đường kính $d = 6\text{cm}$, lỗ chữ nhật có kích thước 8cm x 4cm. Thanh chịu lực nén $P = 72\text{KN}$, ứng suất nén cho phép của gỗ là $[\sigma_n] = 10\text{ MN/m}^2$



8.4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

8.4.3. Bài toán áp dụng:

Giải:



Tóm tắt:

$$P = 72\text{KN} = N_z$$

$$\begin{aligned} [\sigma_n] &= 10 \text{ MN/m}^2 \\ &= 10 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Kiểm tra độ bền của thanh tại mặt cắt có diện tích nhỏ nhất

$$F_{2-2} = (10 \cdot 16) - (10 \cdot 8) = 80 \text{ cm}^2 = 80 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Tính ứng suất: $\sigma_{\max} = \frac{72}{80 \cdot 10^{-4}} = 9 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$

So sánh: $\sigma_{\max} = 9 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2 < [\sigma_n]$

→ Thanh đảm bảo độ bền

8.4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

8.4.3. Bài toán áp dụng:

Bài toán 2: Thanh thép chịu lực $P_1 = 20\text{KN}$, $P_2 = 60\text{KN}$, $P_3 = 30\text{KN}$ và có mặt cắt ngang không đổi đường kính $d = 4\text{cm}$. Kích thước dọc cho trên hình vẽ.

a. Vẽ biểu đồ nội lực.

b. Tính biến dạng dọc tuyệt đối của thanh. Cho $E = 2.10^{11} \text{ N/m}^2$.

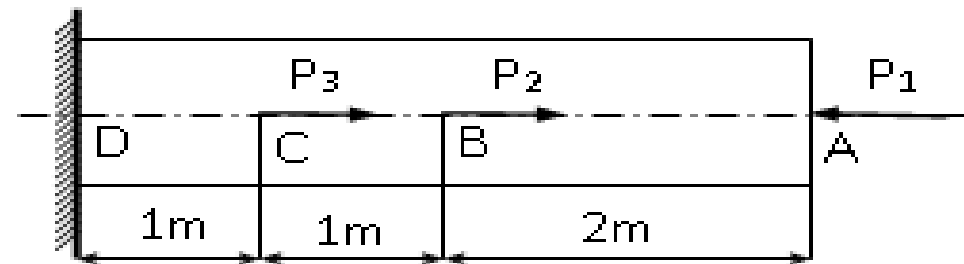
c. Kiểm tra độ bền của thanh. Biết: $[\sigma_k]=[\sigma_n] = 120 \text{ MN/m}^2$

Giải: a. Vẽ biểu đồ nội lực.

$$N_{zAB} = -P_1 = -20\text{KN}$$

$$N_{zBC} = -P_1 + P_2 = 40\text{KN}$$

$$N_{zCD} = -P_1 + P_2 + P_3 = 70\text{KN}$$



8.4. TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

Giải:

b. $E = 2.10^{11} \text{ N/m}^2$

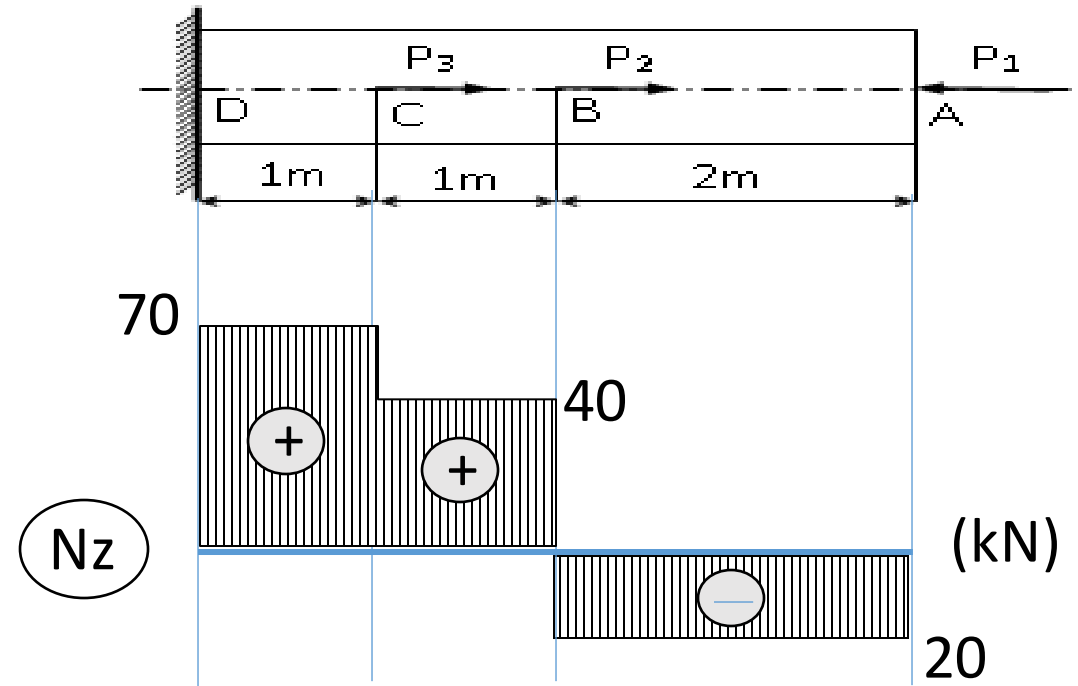
$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 4^2}{4} = 4\pi \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\Delta l = \pm \frac{N_z l}{EF}$$

$$\Delta l_{AB} = \frac{-20 \cdot 10^3 \cdot 2}{2.10^{11} \cdot 4\pi \cdot 4\pi \cdot 10^{-4}} = -1,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\Delta l_{BC} = \frac{40 \cdot 10^3 \cdot 1}{2.10^{11} \cdot 4\pi \cdot 4\pi \cdot 10^{-4}} = 1,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\Delta l_{CD} = \frac{70 \cdot 10^3 \cdot 1}{2.10^{11} \cdot 4\pi \cdot 4\pi \cdot 10^{-4}} = 2,785 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$



8.4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉCDN) ĐÚNG TÂM

$$\Delta l_{AD} = \Delta l_{AB} + \Delta l_{BC} + \Delta l_{CD} = -1,59.10^{-4} + 1,59.10^{-4} + 2,875.10^{-4} = 2,875.10^{-4} \text{ m}$$

Kết luận : Thanh bị dãn $2,875.10^{-4} \text{ m}$

$$c. [\sigma_k] = [\sigma_n] = 120 \text{ MN/m}^2 = 120.10^3 \text{ kN/m}^2$$

Mặt cắt nguy hiểm thuộc đoạn CD

$$\sigma_{\max} = \sigma_{CD} = \frac{N_{zCD}}{F} = \frac{70}{4.\pi.10^{-4}} = 55704,23 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_{\max} = 55704,23 \text{ kN/m}^2 < [\sigma_k] = 120.10^3 \text{ kN/m}^2$$

Kết luận: Thanh đảm bảo độ bền

8.4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

Bài tập: (chương 8)

BT3: Thanh thép dài $l = 4\text{m}$, đường kính $d = 12\text{mm}$. Cần phải đặt lực P bằng bao nhiêu để nó dãn ra $0,5\text{ cm}$. Tính ứng suất phát sinh khi tác dụng lực đó? Biết $E = 2.10^5\text{ MN/m}^2$.

BT4: Một đoạn mẫu bằng thép dài 100m , chịu lực kéo 28KN thì bị dãn dài $0,12\text{m}$. Xác định diện tích mặt cắt và trị số ứng suất pháp, biết $E = 2.10^5\text{ MN/m}^2$

Giải:

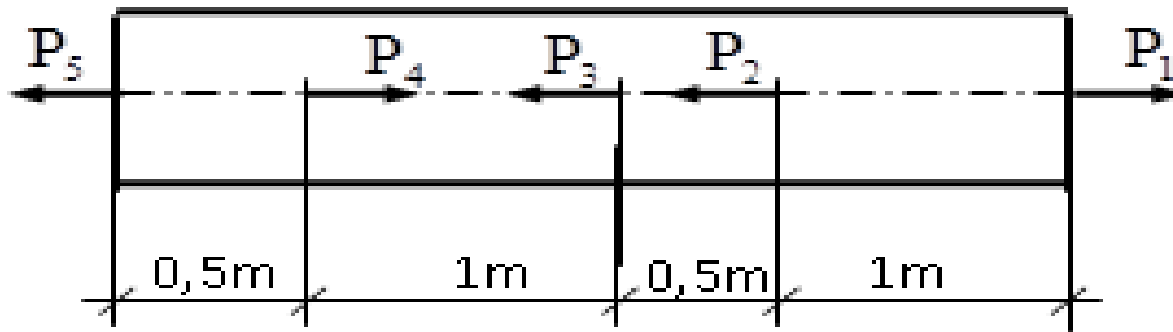
8.4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

Bài tập: (chương 8)

BT8: Thanh thép chịu tác dụng các ngoại lực $P_1 = 30\text{KN}$, $P_2 = 20\text{KN}$, $P_3 = 40\text{KN}$, $P_4 = 60\text{KN}$ và $P_5 = 30\text{KN}$. Thanh có mặt cắt ngang tròn đường kính $d = 20\text{mm}$.

Kích thước dọc cho trên hình vẽ.

- Vẽ biểu đồ nội lực
- Tính ứng suất trong từng đoạn thanh. Kiểm tra độ bền của thanh. Biết ứng suất cho phép $[\sigma_k] = [\sigma_n] = 14\text{kN/cm}^2$
- Tìm biến dạng dọc tuyệt đối của thanh. Cho $E = 2.10^8 \text{ kN/m}^2$



8.4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

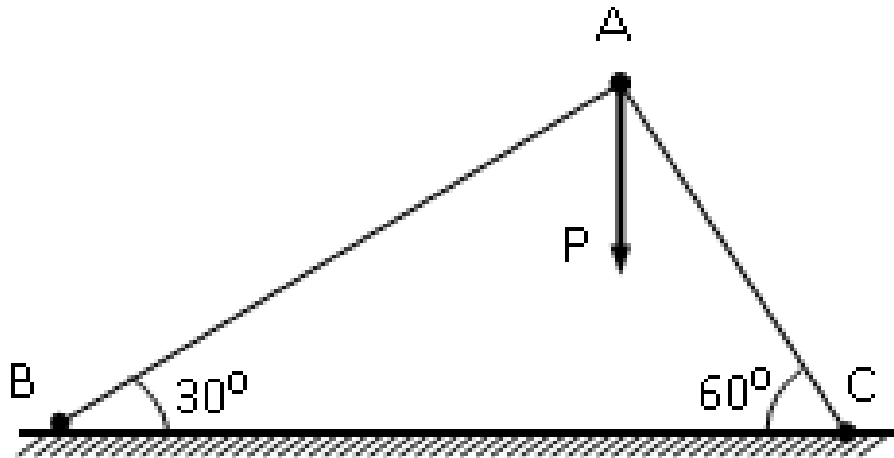
Bài tập: (chương 8)

BT11: Tại điểm A của một giá đỡ gồm hai thanh tròn AB và AC chịu lực $P = 20 \text{ kN}$ như hình vẽ. Biết các thanh AB và AC làm bằng thép có ứng suất cho phép $[\sigma_n] = 120 \text{ MN/m}^2$. Xác định đường kính của 2 thanh theo điều kiện bền.

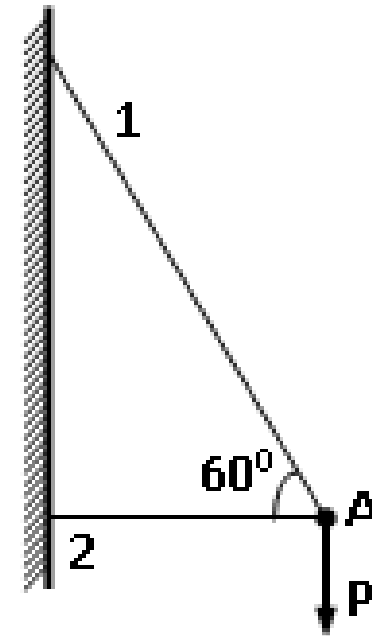
BT12: Thanh tròn 1 làm bằng thép có ứng suất cho phép $[\sigma_k] = 12 \text{ kN/cm}^2$ và thanh tròn 2 làm bằng đồng có $[\sigma_n] = 4 \text{ kN/cm}^2$ bắt bản lề vào tường thẳng đứng. Tại nút bản lề A tác dụng lực $P = 20 \text{ kN}$, các góc cho trên hình vẽ. Kiểm tra độ bền của 2 thanh. Biết đường kính của 2 thanh lần lượt là $d_1 = 20 \text{ mm}$ và $d_2 = 15 \text{ mm}$.

8.4.TÍNH TOÁN KÉO (NÉN) ĐÚNG TÂM

Bài tập: (chương 8)



Hình BT11



Hình BT12